

CONTENIDO DE METALES PESADOS (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni y Pb) EN EL AGUA Y TEJIDOS DE TILAPIA (*Oreochromis mossambicus*) DEL LAGO DE VALENCIA, VENEZUELA

M^a Gabriela PALMA¹, Karla ZIEGLER¹, Ernesto GONZÁLEZ², María de los A. ÁLVAREZ¹

¹Centro de Química Analítica, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas 1041-A, Venezuela.

²Instituto de Biología Experimental, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas 1041-A, Venezuela. Correo-e.: maria.alvarez@ciens.ucv.ve

RESUMEN

La concentración de Cd, Cr, Cu, Hg, Ni y Pb fue determinada en muestras de aguas y en músculo e hígado de *Oreochromis mossambicus* del Lago de Valencia, Venezuela. La concentración de metales disueltos en las aguas se encontró dentro de las estipuladas por la EPA para aguas dulces y la normativa nacional para el Lago de Valencia. Análisis de cluster y de correlaciones múltiples mostraron la homogeneidad espacial de la concentración de metales en las aguas, entre estaciones y dentro de la columna de agua, con variaciones temporales caracterizadas por la disminución general de dichas concentraciones durante la época de lluvias. La concentración de Cd y Cu en el músculo de los peces se encontró dentro de las regulaciones nacionales y el Codex Alimentarius, mientras que las de Pb y Hg fueron superiores. De acuerdo al factor de bioconcentración (BCF), se encontraron evidencias de bioacumulación de Hg y Cr en el músculo de algunos ejemplares capturados, lo cual muestra que el enriquecimiento antropogénico de los sedimentos del lago está afectando a la biota, mediante su acumulación dentro de la cadena trófica.

Palabras clave: CV-AFS; ET AAS; Evaluación ambiental; Factor de Bioconcentración (FBC).

ABSTRACT

The concentration of Cd, Cr, Cu, Hg, Ni and Pb was determined in water and muscle and liver of fishes (*Oreochromis mossambicus*) from the Lake of Valencia, Venezuela. The dissolved metals concentrations in the waters were within those of EPA for fresh water and national regulation for the Lake of Valencia. Multiple correlations and cluster analysis showed spatial homogeneity of the concentration of dissolved metals in waters and seasonal variations that occur during the rainy season. The concentrations of Cd and Cu in the muscle of fishes were within national regulations and the Codex Alimentarius, while those of Pb and Hg were higher. Evidence of bioaccumulation of Hg and Cr determined by the bioconcentration factor (BCF) in the fish muscle of some specimens showed that the anthropogenic enrichment of the sediment is affecting to the biota, through the accumulation within the trophic chain.

Keywords: Bioconcentration Factor (BCF); CV-AFS; Environmental assessment; ET AAS.

INTRODUCCIÓN

El uso indiscriminado de sustancias químicas en las actividades humanas, y el vertido de aguas servidas y otros tipos de compuestos, relacionados con actividades domésticas, industriales y prácticas agrícolas, en los cuerpos de aguas ha conducido a su contaminación, lo cual constituye un peligro para los ecosistemas acuáticos (MANCERA & LEÓN, 2006). En particular, la contaminación por metales pesados reviste importancia debido a que no son biodegradables y, dependiendo de la especie química y su concentración en el medio, pueden ser tóxicos para las especies que se exponen a ellos.

Los metales, al llegar al medio acuático, se fijan en los sedimentos, que actúan como integradores y concentradores de metales, y luego, dependiendo de la forma física y química en que se encuentran, pueden movilizarse y ser liberados a la columna de agua mediante cambios en las condiciones del medio tales como el pH, potencial redox, oxígeno disuelto o la presencia de quelatos orgánicos y microorganismos (RODRÍGUEZ *et al.*, 2006), y transportarse a través de las membranas biológicas de las diferentes especies acuáticas (GARCÍA *et al.*, 2004).

En particular, los peces tienen la capacidad de almacenar estos compuestos en su organismo en una concentración mayor a la presente en el medio, por lo que su consumo puede convertirse en un problema de salud para las poblaciones que se alimentan de este recurso (MANCERA & LEÓN, 2006). El contenido de metales en sus tejidos puede tener un efecto significativo en la abundancia y estructura de la comunidad de peces (MÁRQUEZ *et al.*, 2008) y afectar su desarrollo sobre todo en las primeras etapas del crecimiento (CAMBERO, 2002), pudiendo emplearse como un indicador importante de la contaminación del medio acuático. La relación entre la concentración del metal en los tejidos de peces y sus dimensiones (edad y tamaño), proporciona información sobre el proceso de bioacumulación, proceso que representa un signo de contaminación y constituye un peligro para la salud humana (MANCERA & LEÓN, 2006).

El Lago de Valencia, Venezuela, se encuentra entre las ciudades de Valencia y Maracay, importantes centros urbanos, industriales y agrícolas de elevado crecimiento en las últimas décadas. Las aguas residuales y desechos provenientes de las actividades humanas llegan al lago, mediante sus contribuyentes y escorrentías, y afectan su estado ambiental. De acuerdo a la normativa venezolana (DECRETO 3.219, 1999), la aguas del Lago de Valencia pueden ser de uso potencial para riego de cultivos y usos pecuarios, actividades de navegación, actividades recreativas de contacto humano parcial y total, así como para el uso potencial de agua potable para usos industriales o que puedan ser acondicionadas por procesos de potabilización no convencionales; las actividades de pesca están prohibidas.

Estudios realizados en el Lago de Valencia (MOGOLLÓN & BIFANO, 1993, 1996, 2000) han señalado el enriquecimiento de los sedimentos de fondo del lago con los metales Pb, Zn, Ni, Cu y Cr. Adicionalmente, se ha señalado el deterioro de la calidad de las aguas de los contribuyentes del lago (MARN-JICA, 2000), y el aporte antropogénico de metales pesados en las aguas y peces del lago, aunque, las concentraciones de metales pesados determinadas en las aguas del lago han sido bajas y menores, entre 10 a 10.000 veces, que las encontradas en los sedimentos de fondo (MARN, 2001).

La información que se tiene hasta la fecha sobre el contenido de metales pesados en aguas y peces del Lago

de Valencia está limitada por la sensibilidad de la técnica analítica empleada en los trabajos mencionados (espectrometría de absorción atómica con llama, FAAS) y, adicionalmente, no es reciente. Por ello, este trabajo se dirigió a determinar el contenido de metales pesados en las aguas y tejidos de peces del Lago de Valencia empleando técnicas de elevada sensibilidad (espectrometría de absorción atómica con atomización electrotérmica, ET AAS, y espectrometría de fluorescencia atómica con vapor frío, CV-AFS), como medio de mejorar y actualizar la información sobre el estado ambiental del Lago de Valencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

El Lago de Valencia es el primer lago de agua dulce natural en importancia de Venezuela. Se encuentra ubicado en la región nor-central de Venezuela, entre los estados Aragua y Carabobo (Figura 1), delimitado entre las coordenadas 67°07' y 68°12' de longitud oeste y los 09°57' y 10°26' de latitud norte.

En la actualidad, el lago tiene una extensión de 344 Km², con una profundidad media de 19 m y una profundidad máxima de 39 m. En sus orillas se levantan importantes centros urbanos de Venezuela como son: Valencia, Maracay, Mariara y San Joaquín.

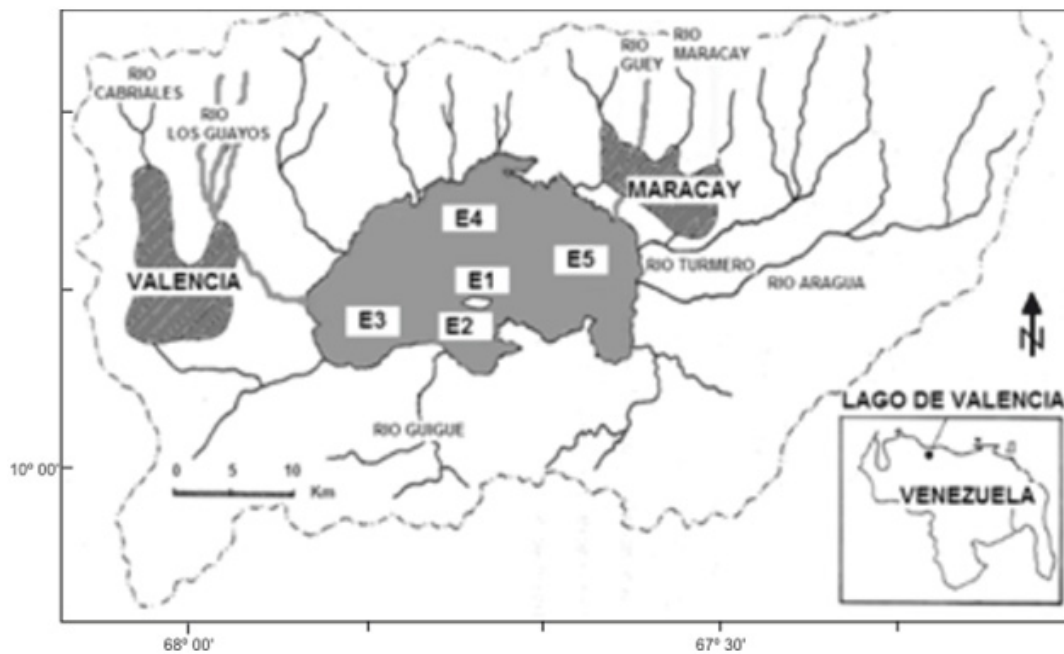


Fig. 1. Estaciones de muestreo en el Lago de Valencia.

La cuenca del Lago de Valencia es de tipo endorreica, única en Sudamérica, con 16 ríos tributarios entre los que destacan los ríos Güigüe, Turmero, Maracay, Cabriales, Los Guayos y el más importante de todos, el Aragua (GONZÁLEZ DE JUANA *et al.*, 1980).

Muestreo

El muestreo se realizó en cinco estaciones, seleccionadas considerando las actividades industriales, urbanas y agrícolas que se desarrollan en los alrededores del lago (Figura 1) (E1: 10°10'46" N, 67°43'25" W; E2: 10°07'23" N, 67°44'48" W; E3: 10°09'02" N, 67°49'46" W; E4: 10°14'00" N, 67°45'02" W; y E5: 10°10'52" N, 67°38'20" W).

Las muestras de agua se colectaron bimensualmente entre junio 2009 y mayo 2010, a nivel superficial y cercano a los sedimentos, empleando una botella del tipo van Dorn (5 L). Los peces se capturaron durante el muestreo de las aguas. Las muestras se mantuvieron refrigeradas, hasta su llegada al laboratorio. Durante el muestreo se tomaron medidas de los parámetros físicoquímicos del agua (pH, T, oxígeno disuelto y conductividad) y en el laboratorio se determinaron las concentraciones de amonio, dureza, fosfatos y fósforo total. En total se recolectaron 65 muestras de agua y 22 del pez *Oreochromis mossambicus*.

Tratamiento de las muestras

Las muestras de agua (500 mL) fueron filtradas (0,45 µm), y almacenadas en envases plásticos, previamente tratados, ajustándose a pH < 2 con HNO₃, y mantenidas en refrigeración hasta su análisis. Los peces capturados fueron lavados con abundante agua y disecar, obteniéndose las muestras de músculo e hígado, las cuales fueron posteriormente liofilizadas y sometidas a una digestión ácida asistida con digestor de microondas, empleando HNO₃ y H₂O₂.

Análisis químico

La determinación de Hg se realizó empleando un espectrómetro de fluorescencia atómica con generación de vapor frío (CV-AFS) marca Analytik Jena, modelo Mercur, y la determinación de Cd, Cr, Cu, Ni y Pb fue realizada de manera simultánea con un espectrómetro de absorción atómica con atomización electrotérmica (ET AAS) marca Perkin Elmer, modelo SIMAA 6000. Las muestras de tejido de peces fueron procesadas en un digestor de microondas marca CEM, modelo MDS 2000. El análisis de todas las muestras se realizó por triplicado.

La sensibilidad del análisis, expresada mediante el límite de detección (LOD) fue la siguiente: 0,01, 0,03, 0,33, 0,005, 0,03 y 0,06 µg L⁻¹ para Cd, Cr, Cu, Hg, Ni y Pb, respectivamente, en las muestras de aguas; y 0,5,

1,5, 16,5, 0,25, 1,5 y 3,0 ng g⁻¹ para Cd, Cr, Cu, Hg, Ni y Pb en las muestras de tejidos de peces. La exactitud y precisión de las metodologías aplicadas fueron determinadas empleando muestras de referencia certificadas de agua, CRM T26.3 y NIST 1641d, tejido de ostra, NIST-1566b, e hígado de bovino, BCR-185R, obteniéndose valores de concentración que no difirieron significativamente de los certificados (p ≤ 0,05) y una precisión entre el 0,7% y 7% para el análisis de tres réplicas.

Análisis de los Datos

Las concentraciones determinadas para los metales fueron comparadas con valores de normativas nacionales (aguas: DECRETO 3.219, 1999; tejidos de peces: COVENIN 1087, 1998; COVENIN 1766, 1995) e internacionales (aguas: EPA, 2006; tejidos de peces: CODEX ALIMENTARIUS, 1993), determinándose adicionalmente el factor de bioconcentración (BCF) (CAL/EPA, 2000) en el músculo de los peces. Asimismo, se realizaron estudios de agrupamiento mediante análisis de agrupamiento (Cluster Analysis) y de correlaciones múltiples (p ≤ 0,05), empleando en este último análisis el coeficiente de Spearman como estadístico, para determinar posibles variaciones espaciales y estacionales de la concentración de los metales en las muestras, así como para determinar posibles formas y fuentes de los mismos al sistema acuático.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aguas

Los parámetros físicoquímicos de las aguas analizadas del lago de Valencia se encontraron en los siguientes intervalos: pH: 7,8-9,6; T: 26,2-32,4 °C; oxígeno disuelto: 0-17,5 mg L⁻¹; conductividad: 1802-1951 µS cm⁻¹; amonio: 32,75-1308 mg L⁻¹; dureza: 444-473 mg L⁻¹; y fosfatos: 263-1052 µg L⁻¹. La concentración de fósforo total estuvo entre 837,2-1287,6 µg L⁻¹, por lo que, de acuerdo a la clasificación de SALAS & MARTINÓ (1991) para lagos cálidos, que se basa en las concentraciones de fósforo total, el Lago de Valencia puede catalogarse como hipereutrófico.

Los valores de conductividad obtenidos se encuentran dentro de los reportados para los años 1988 (MOGOLLÓN & BIFANO, 1966) y 2000 (MARN-JICA, 2000), pero los de pH obtenidos en el mes de abril 2010 (7,8-9,6) fueron más ácidos que los señalados para el mismo mes del año 1988 (8,8-9,4) (MOGOLLÓN & BIFANO, 1996).

Concentración de metales disueltos

En la Tabla 1 se muestran los intervalos de concentración y el valor de la concentración anual promedio determinados para el Cd, Cr, Cu, Hg, Ni y Pb disueltos en las aguas del lago. De acuerdo a los resultados obtenidos, el contenido de estos metales disueltos en las aguas del Lago de Valencia no superan los valores máximos especificados para aguas dulces (EPA, 2006), y en la norma nacional aplicable al Lago de Valencia (DECRETO 3.219, 1999), por lo que, de acuerdo a dicho contenido, serían aptas para el destino contemplado en esta regulación venezolana. Desafortunadamente, no se encontró información en estudios previos que permita conocer la variación de la concentración disuelta de estos metales pesados en las aguas del Lago de Valencia.

Tabla 1. Concentración de metales pesados disueltos en las aguas del Lago de Valencia ($\mu\text{g L}^{-1}$)

Elemento	Intervalo de Concentración	Concentración Anual Promedio	Concentraciones Máximas Permitidas Decreto 3.219 (1999)	Concentraciones Máximas Permitidas EPA (2006)
Cd	ND - 0,56	0,06 \pm 0,12	5	2
Cr	ND - 4,91	0,86 \pm 1,27	50	13
Cu	ND - 6,51	0,57 \pm 1,13	200	16
Hg	ND - 0,50	0,08 \pm 0,08	10	1
Ni	ND - 6,20	1,96 \pm 1,16	500	470
Pb	ND - 4,60	1,18 \pm 1,22	50	65

ND: No detectable

Estudios de agrupamiento

Se realizó un estudio preliminar mediante un análisis de agrupamiento, donde se contemplaron todas las variables del muestreo, parámetros fisicoquímicos de las aguas y resultados de concentración de los metales disueltos en las aguas. En el dendrograma obtenido (Figura 2) se destacaron dos grupos: uno que agrupa los metales Pb, Cd, Ni, Cu y Hg con la variable Muestreo (Fecha de muestreo), entre otras, y otro que agrupa al Cr con la variable Estación (Estación de muestreo) y la concentración de fosfatos, entre otras.

Los resultados de los estudios de correlaciones múltiples mostraron correlaciones significativas ($p \leq 0,05$) entre la variable Muestreo (Fecha de muestreo) y la concentración de todos los elementos, excepto el Hg. Esta correlación significativa muestra la presencia de una variación temporal en la concentración disuelta de los elementos en las aguas del lago, la cual es de tipo estacional, observándose para el Cd, Cr, Cu, Ni y Pb la disminución de su concentración durante la época de lluvias (junio-octubre 2009), y para el Cr un aumento de la concentración durante el mismo período, alcanzando su máxima concentración en el mes de enero de 2010.

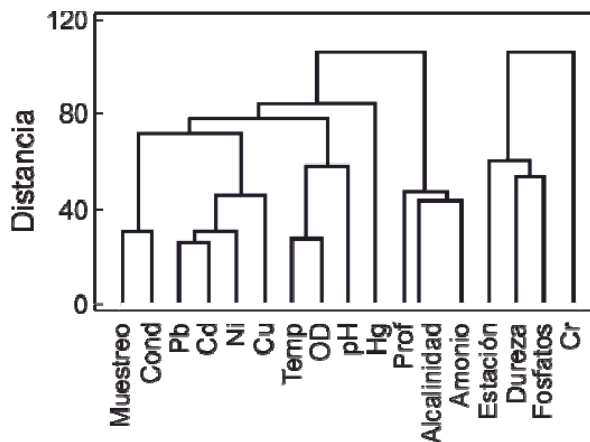


Fig. 2. Dendrograma obtenido (método del vecino más cercano, euclidiano cuadrado) para las muestras de aguas.

No se determinaron correlaciones significativas ($p \leq 0,05$) entre las concentraciones de los metales disueltos con las variables Estación y Profundidad lo cual señala la homogeneidad espacial de la concentración de los elementos disueltos en el cuerpo de agua, tanto entre estaciones como dentro de la columna de agua. También se determinaron correlaciones significativas ($P \leq 0,05$) entre la concentración del Pb con la del resto de los elementos (Figura 3), lo cual señalaría una introducción conjunta al cuerpo de aguas. El origen de los metales disueltos en las aguas mediante su desorción desde los sedimentos no es probable dado el pH básico de las aguas y el ambiente reductor en las zonas profundas. Por otra parte, la composición de los sedimentos mostró variaciones espaciales en la concentración de estos elementos (GONZÁLEZ *et al.*, 2012), lo cual no concuerda con la homogeneidad espacial de la concentración disuelta de estos elementos determinada en las aguas.

Todo esto conduce a suponer que, luego de que los elementos pesados son introducidos al cuerpo de agua (mediante fuentes y formas físicas y químicas diversas), ocurre la homogeneización de su concentración disuelta, debido al mezclado continuo de las aguas del lago por la acción del viento. La variación de su concentración durante la estación de lluvias ocurriría, simultáneamente para todos los elementos, debido al aumento del pH de las aguas que se observa en esta época, lo cual disminuye la solubilidad y produce la precipitación de las especies metálicas desde las aguas hacia los sedimentos.

Tejido de Peces

Los intervalos de concentración de metales pesados determinadas en las muestras de músculo e hígado de los peces capturados en el Lago de Valencia se muestran en la Tabla 2. Estos valores se encuentran en

el intervalo de los obtenidos en *Hoplias malabaricus* provenientes del embalse Suata (ÁLVAREZ *et al.*, 2012),

ubicado en la misma cuenca del Lago de Valencia.

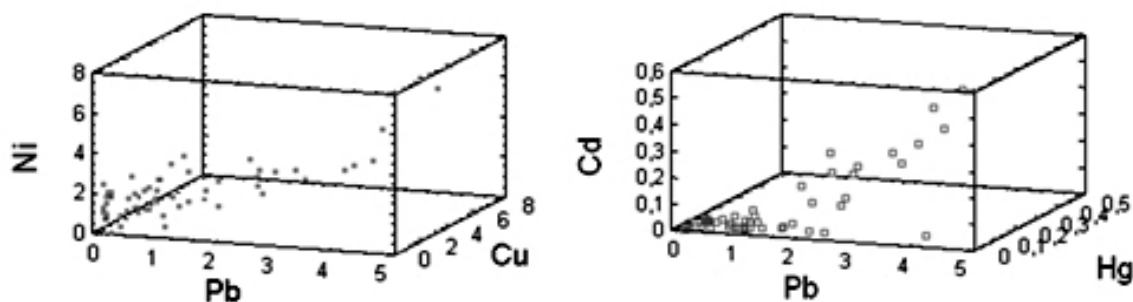


Fig. 3. Gráficos de correlaciones múltiples para metales pesados disueltos en aguas del Lago de Valencia. (Concentraciones en $\mu\text{g L}^{-1}$)

Tabla 2. Concentración de metales pesados en los tejidos de *Oreochromis mossambicus* del Lago de Valencia ($\mu\text{g g}^{-1}$)

Elemento	Intervalo de concentración		Concentraciones máximas permitidas		
	Músculo	Hígado	COVENIN 1087 (1998)	COVENIN 1776 (1995)	Codex Alimentarius (1993)
Cd	ND - 0,05	0,01 - 0,26	0,50	0,10	0,10
Cr	0,1 - 0,3	0,1 - 1,6	NR	NR	NR
Cu	0,04 - 0,80	2,6 - 9,4	10	10	NR
Hg	ND - 0,61	ND - 4,5	0,10	0,50	0,50
Ni	0,07 - 0,40	0,1 - 1,0	NR	NR	NR
Pb	ND - 1,45	0,06 - 3,1	2,0	2,0	0,30

Las concentraciones de Cd y Cu obtenidas en el músculo de los peces capturados (*Oreochromis mossambicus*), no superaron los valores máximos permitidos en las normas venezolanas (COVENIN 1087 (1998) y COVENIN 1766 (1995)) e internacionales (CODEX ALIMENTARIUS 93/18 (1993)). Sin embargo, la concentración de Hg obtenida en músculo sobrepasó el valor máximo permitido por la norma COVENIN 1087, y la de Pb sobrepasó el valor máximo establecido en el CODEX ALIMENTARIUS (1993). De acuerdo al FBC (CAL/EPA, 2000), se determinaron indicios de bioacumulación de Hg (FBC: intervalo determinado = 1-14, valor recomendado = 5) y Cr (FBC= intervalo determinado = 0-12, valor recomendado = 2) por encima de los valores recomendados y para el Pb se obtuvieron valores elevados del FBC (intervalo de valores: 3-86), aunque menores que el valor recomendado (155), lo cual indica que el consumo de estos peces del Lago de Valencia representaría un riesgo para la salud humana. Debe destacarse que la especie analizada (*Oreochromis mossambicus*) es un pez introducido, con una capacidad adaptativa y resistencia bastante elevadas.

Aunque la pesca en el Lago de Valencia no está permitida, es frecuente observar la pesca artesanal, así como la venta del producto en las inmediaciones del lago, por lo que es prioritario aplicar el control de la prohibición de la pesca por los organismos competentes en el Lago de Valencia.

CONCLUSIONES

La contaminación de los sedimentos de fondo del Lago de Valencia con metales pesados, determinada en otros trabajos, afecta al sistema acuático. Aunque las condiciones fisicoquímicas del cuerpo de agua no favorecen la desorción de los metales desde los sedimentos hacia el cuerpo de aguas, y por ello el contenido de metales disueltos en las aguas se encuentra dentro de los parámetros contemplados en las normativas, los indicios de bioacumulación de Hg y Cr y los niveles elevados de Pb determinados en el músculo de peces, muestra que el enriquecimiento antrópico de los sedimentos se propaga a la biota.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al CDCH de la UCV por el financiamiento PG 03-00-6495-2006.

REFERENCIAS

- ÁLVAREZ M.A., R. ARU, Y. GONZÁLEZ, G. SEPÚLVEDA, & E. GONZÁLEZ. 2012. Biogeochemical study of the Suata reservoir, Venezuela, according to the metallic content in their bottom sediments, water and fish. *Avances en Ciencias e Ingeniería* 3:103-114.
- CAL/EPA, OEHHA. 2000. *Fish Bioconcentration Factors, Appendix H, Technical support Document for Exposure Assessment and Stochastic Analysis*. http://oehha.ca.gov/air/hot_spots/index.html. Consulta 09 junio 2012.
- CAMBERO J.P. 2002. *Estudio actual de la contaminación por metales pesados y pesticidas organoclorados en el Parque Natural Monfrangüe*. Universidad central de Extremadura. Facultad de Veterinaria. Departamento de medicina y sanidad animal. España.
- CODEx ALIMENTARIUS ALINORM 93/18. 1993. <http://www.codexalimentarius.net/web/archives.jsp?year=93>. Consulta 22 Abril 2012.
- DECRETO 3.219. 1999. Normas para la clasificación y control de la calidad de las aguas de la cuenca del Lago de Valencia. *Gaceta Oficial Extraordinaria* 5.305.
- FORSTNER U. & G.T.W. WITTMANN. 1981. *Heavy metal pollution in the aquatic environment*. 2nd Ed. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. p 3-70.
- GARCÍA L., M.S. SOTO, M.E. JARA & A. GÓMEZ. 2004. Fracciones geoquímicas superficiales de zonas ostrícolas del estado de Sonora, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 20 (4):159-167.
- GONZÁLEZ DE JUANA C., J. ITURALDE & X. PICARD. 1980. *Geología de Venezuela y sus Cuencas Petrolíferas*. Foninves. Caracas.
- GONZÁLEZ A., W. MELÉNDEZ, E. GONZÁLEZ & M.A. ÁLVAREZ. 2012. Metales pesados en los sedimentos de fondo del Lago de Valencia. *Mem. II Simposium Venezolano de Geoquímica*, Caracas, 2012. SGQ218.
- MANCERA N.J. & R.A. LEÓN. 2006. Estado del Conocimiento de las Concentraciones de Mercurio y otros metales pesados en Peces Dulceacuícolas de Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 11 (1): 3-23.
- MARN. 2001. *Concentración de metales pesados en aguas, sedimentos, tejido muscular, hígado y vísceras de peces del Lago de Valencia, Estado. Aragua. Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. Instrumentos Jurídicos Nacionales para la Gestión del Mercurio, sus compuestos y sus Desechos*. <http://www.unep.org/hazardoussubstances/LinkClick.aspx?fileticket=OXi9wjxZWjo%3D&tabid=4325&language=en-US>. Consulta 09 marzo 2012.
- MARN-JICA. 2000. *Estudio integral de los tributarios de la Cuenca del Lago de Valencia, (1997-2000)*. Convenio MARN-JICA.
- MÁRQUEZ A., W. SENIOR, I. FERMÍN, G. MARTÍNEZ, J. CASTAÑEDA & A. GONZÁLEZ. 2008. Cuantificación de las concentraciones de metales pesados en tejidos de peces y crustáceos de la Laguna de Unare, Estado Anzoátegui, Venezuela. *Revista Científica FCV-LUZ*, 18(1): 73-86.
- MOGOLLÓN J.L. & C. BIFANO. 1993. Mobil Metallic elements in a urbanized tropical catchment Lake Valencia, Venezuela. *Chemical Geology*, 107:431-434.
- MOGOLLÓN J.L. & C. BIFANO. 1996. Geochemistry and anthropogenic inputs of metals in a tropical lake in Venezuela. *Applied Geochemistry*, 11:605-616.
- MOGOLLÓN J.L. & C. BIFANO. 2000. Tracking the metal distribution in the tropical Valencia lake catchment: soil, rivers and lake. *Environmental Geochemistry and Health*, 22: 131-153.
- NORMA VENEZOLANA COVENIN 1087. 1998. *Sardinias en conserva*, 5ta revisión. <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/action/normas-find> Consulta: 22 Marzo 2012.
- NORMA VENEZOLANA COVENIN 1766. 1995. *Atún en conserva*, 3ra revisión. <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/action/normas-find> Consulta 22 marzo 2012.
- RODRÍGUEZ L., W. SENIOR & G. MARTÍNEZ. 2006. Comportamiento de los metales trazas Cu, Pb; Mn y Zn, en fracciones geoquímicas de núcleos de sedimentos de la Laguna Unare, Venezuela. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 24(1): 37-41.
- SALAS H. & P. MARTINÓ. 1991. A simplified phosphorus trophic state model for warm-water tropical lakes. *Water Research*, 25: 341-350.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA), 2006. *National Recommended Water Quality Criteria*. <http://www.epa.gov/waterscience/criteria/wqctable/> Consulta 22 marzo 2012.